

PEMANFAATAN LIMBAH DAUN NANAS (*Ananas comosus*) SEBAGAI BAHAN DASAR ARANG AKTIF UNTUK ADSORPSI Fe(II)

Ab. Ari Setiawan^{1*}, Anis Shofiyani¹, Intan Syahbanu¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi 78124, Pontianak

email: ABARISETIAWAN@gmail.com

ABSTRAK

Daun nanas (*Ananas comosus*) merupakan bagian tanaman nanas yang kurang dimanfaatkan masyarakat sehingga menjadi limbah. Daun nanas mengandung serat selulosa sebesar 69,5-71,5% yang berpotensi dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang daun nanas dibuat dengan cara dikarbonisasi selama 1 jam pada suhu 300°C dan diaktivasi menggunakan H₂SO₄ 1 M atau H₃PO₄ 1 M selama 24 jam. Arang aktif yang dihasilkan digunakan untuk adsorpsi logam Fe(II) dengan mengkaji model kinetika, kapasitas dan isoterm adsorpsi. Arang daun nanas tanpa aktivasi, teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄ memiliki kadar air masing-masing sebesar 4,3248%, 1,248% dan 1,258%; kadar abu sebesar 4,1549%, 0,950% dan 1,729%; daya serap iodin sebesar 274,3582 mg/g, 382,1576 mg/g dan 371,2104 mg/g; luas permukaan sebesar 520,5939 m²/g, 725,1430 m²/g dan 704,3707 m²/g; daya serap metilen biru sebesar 58,4140 mg/g, 58,6822 mg/g dan 58,4548 mg/g dengan luas permukaan sebesar 216,5807 m²/g, 217,5751 m²/g dan 216,7320 m²/g. Gugus fungsional pada arang daun nanas dan arang aktif ditunjukkan melalui vibrasi OH regangan di 3058,99 dan 3194,13; vibrasi C=O regangan di 1899,86 dan 1999,56; vibrasi C=C aromatik di 1574,10 dan 1595,56; vibrasi CO di 1224,93 dan 1376,71; vibrasi CH aromatik di 755,03 dan 767,17. Kinetika adsorpsi Fe(II) pada arang daun nanas teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄ mengikuti model pseudo orde 2 dengan nilai R² sebesar 0,968 dan 0,994. Kapasitas adsorpsi Fe(II) pada arang teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄ sebesar 2,15 mg/g dan 1,025 mg/g, mengikuti model adsorpsi isoterm Langmuir dengan nilai R² sebesar 0,908 dan 0,996.

Kata kunci : adsorpsi, arang aktif, asam fosfat, arang tanpa aktivasi, asam sulfat, besi, daun nanas, kapasitas adsorpsi

PENDAHULUAN

Tanaman nanas (*Ananas comosus*) merupakan tanaman yang batangnya pendek. Nanas merupakan tanaman monokotil dan bersifat merumpun (bertunas anakan). Daunnya panjang sekali, pada tepinya tumbuh duri yang menghadap ke atas (ke arah ujung daun) dan daun muncul serta terkumpul pada pangkal batang. Daunnya mempunyai serat panjang (Sunarjono, 2008).

Komposisi atau kandungan kimia dari serat daun nanas adalah selulosa, lignin, pektin, lemak dan wax, abu dan zat-zat lain (protein dan asam organik lainnya). Menurut Hidayat (2008), terdapat 69,5-71,5% selulosa dalam serat daun nanas. Pemanfaatan tanaman nanas selama ini hanya sebatas pada buahnya saja sedangkan daun nanas relatif belum

banyak dimanfaatkan. Pada saat panen, tanaman ini harus diganti dengan tanaman nanas yang baru sedangkan daunnya hanya dibuang sebagai limbah dari petani nanas. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, yang mengakibatkan limbah daun nanas terus bertambah. Adanya senyawa-senyawa karbon seperti selulosa dan lignin yang terdapat didalam daun nanas, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar adsorben.

Berbagai jenis adsorben telah dikembangkan antara lain menggunakan arang aktif. Arang aktif merupakan arang yang memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu yang dapat menangkap partikel-partikel yang akan diserap (Irmanto dan Suyata, 2010). Arang aktif juga mudah dipreparasi dari berbagai

jenis limbah yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah di perairan.

Air banyak digunakan untuk aktivitas sehari-hari. Aktivitas yang dilakukan dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan. Dampak tersebut seperti bahan pencemar yang dapat merusak ekosistem lingkungan bagi makhluk hidup yang bergantung dengan memanfaatkan air tersebut. Air yang mengalami pencemaran mengandung bahan anorganik, bahan toksik serta logam berat. Salah satu jenis logam berat yang sering terdapat dalam perairan adalah Fe (II).

Pada kadar 1-2 ppm, besi dapat menyebabkan air berwarna kuning, terasa pahit dan akan meninggalkan noda pada pakaian. Tingginya kadar besi pada air, membuat air tidak dapat dikonsumsi karena dapat menyebabkan permeabilitas dinding pembuluh kapiler darah meningkat sehingga plasma darah akan merembes keluar (Darmono, 2001).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan arang aktif dari bahan dasar limbah daun nanas. Proses aktivasi dilakukan menggunakan asam H_2SO_4 dan H_3PO_4 untuk melihat pengaruh jenis asam yang berbeda terhadap kualitas arang aktif yang dihasilkan. Arang aktif hasil penelitian digunakan untuk menyerap ion logam Fe(II).

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah tanur, oven, desikator, ayakan ukuran 100 mesh, neraca analitik, *shaker*, pH-meter dan seperangkat alat gelas antara lain botol kaca, botol semprot, cawan porselin, desikator, labu ukur, labu erlenmeyer, gelas beaker, batang pengaduk dan spatula. Sedangkan instrumentasi yang akan dipergunakan pada penelitian adalah spektrofotometer serapan atom (AAS), Spektrofotometri FTIR dan spektrofotometer UV-Vis.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah daun nanas yang berasal dari kebun nanas di Jalan 28 Oktober, Siantan Hulu, Pontianak Utara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, sedangkan bahan kimia yang digunakan antara lain adalah akuades, H_3PO_4 (Asam fosfat), H_2SO_4 (Asam sulfat), $FeCl_2 \cdot 4H_2O$, indikator amilum, I_2 (Iod), $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$

(natrium tiosulfat), metilen biru, KI (kalium iodide), KIO_3 (kalium iodat) dan Na_2CO_3 (natrium karbonat).

Prosedur Kerja

Preparasi sampel daun nanas

Dipilih daun nanas yang baik, bagus dan bebas dari hama untuk dijadikan sampel penelitian. Sampel daun nanas yang sudah dipilih, dicuci bersih menggunakan air mengalir dan dipotong kecil-kecil. Selanjutnya dikeringkan di bawah sinar matahari.

Pembuatan arang aktif

Pembuatan arang aktif dilakukan mengacu pada penelitian Ogata (2011) dan Kyzas (2012). Sampel daun nanas yang sudah kering serta sudah berubah warna menjadi kuning kecoklatan dikarbonisasi dalam tanur pada suhu $300^\circ C$ selama 1 jam. Arang daun nanas yang sudah dihasilkan didinginkan dan dihitung rendemennya dengan cara membandingkan berat sampel sebelum dan setelah dikarbonisasi. Arang yang sudah terbentuk ini dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 mesh.

Aktivasi arang dilakukan menggunakan larutan asam berupa H_3PO_4 dan H_2SO_4 mengacu pada penelitian Irmanto dan Suyata (2010) dan Alfiany, dkk., (2013). Arang daun nanas ditimbang sebanyak 50 gram, direndam sambil diaduk dalam 250 mL larutan H_3PO_4 dan H_2SO_4 masing-masing dengan konsentrasi 1 M sebanyak 250 mL selama 24 jam, kemudian disaring. Padatan dicuci menggunakan akuades dan dikeringkan dalam oven dengan waktu dan suhu secara bertingkat pada suhu awal $50^\circ C$ selama 30 menit dilanjutkan pada suhu sebesar $80^\circ C$ selama 45 menit kemudian digerus terlebih dahulu dan berikutnya pada suhu sebesar $110^\circ C$ selama 45 menit, selanjutnya dimasukkan dalam desikator 30 menit.

Karakterisasi arang aktif

a. Kadar air

Penentuan kadar air dilakukan mengacu pada Mu'jizah (2010). Krus porselin dipanaskan pada suhu $110^\circ C$ selama 3 jam kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Selanjutnya ditimbang, prosedur dilakukan beberapa kali dengan selang waktu yang sama hingga tercapai

berat konstan. Satu gram arang aktif dimasukkan dalam krus porselin yang telah diketahui beratnya, dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit, kemudian ditimbang. Prosedur tersebut dilakukan berulang hingga tercapai berat konstan. Kadar air dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

b. Kadar abu

Penentuan kadar abu dilakukan mengacu pada Mu'jizah (2010). Satu gram arang aktif yang telah ditentukan kadar airnya, dibakar dalam tanur pada suhu 600°C selama 3 jam dan dimasukkan dalam desikator selama 30 menit, kemudian ditimbang hingga diperoleh berat konstan. Penentuan kadar dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat arang aktif}} \times 100\%$$

c. Daya serap iodin

Arang aktif ditimbang sebanyak 0,5 gram, dipindahkan kedalam botol kaca, dimasukkan larutan iodium 0,1 N sebanyak 50 mL dan diaduk menggunakan *shaker* selama 15 menit dan didiamkan selama 15 menit. Selanjutnya disaring dan filtrat diambil sebanyak 10 mL ke dalam erlemeyer. Kemudian dititrasi dengan Natrium Tiosulfat 0,1 N. Titrasi dilakukan hingga warna kuning hampir hilang, kemudian ditambahkan indikator amilum 1 % dan dititrasi kembali hingga titik akhir titrasi terjadi yang ditandai dengan warna biru tepat hilang. Perlakuan dilakukan secara duplo (Alfiany dkk., 2013).

$$\text{Iod yang teradsorpsi (mg/g)} =$$

$$\frac{\left(10 - \frac{V \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{N \text{ iod}}\right) \times 12,6 \times 5}{w}$$

$$\text{Luas permukaan} = \left(\frac{m^2}{gr}\right) = \left(\frac{Q_m}{BE}\right) \times N \times A$$

dengan Q_m adalah kapasitas adsorpsi daya serap iod (mg/g), BE adalah berat ekuivalen iodin (126,904 gr/mol), N adalah bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ molekul/mol) dan A adalah luas permukaan 1 mol iodin ($0,40 \times 10^{-18}$ m²/molekul).

d. Daya serap metilen biru

Penentuan daya serap metilen biru dilakukan dengan mengukur panjang gelombang maksimum larutan metilen biru 3 dan 5 mg/L pada kisaran 500-700 nm. Selanjutnya dibuat kurva standar dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4 dan 5 mg/L pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Sebanyak 0,1 gram adsorben dicampur dengan 30 mL larutan metilen biru 50 mg/L dan dilakukan pengadukan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 50 menit. Campuran disaring dan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum metilen biru. Konsentrasi metilen biru yang teradsorpsi pada waktu kontak maksimum digunakan untuk menghitung luas permukaan arang aktif (Nafie dkk., 2013).

$$X_m \text{ metilen biru} =$$

$$\frac{\text{Volum yang digunakan}}{\text{Volum Larutan}} \times \frac{\text{Kons metilen biru teradsorpsi}}{\text{Berat Arang Aktif}}$$

$$\text{Luas Permukaan} = \frac{X_m \cdot N \cdot A}{Mr}$$

dengan X_m adalah kapasitas adsorpsi metilen biru (mg/g), N adalah bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ molekul/mol), A adalah luas penampang metilen biru (197×10^{-20} m²/molekul) dan Mr adalah masa relatif metilen biru (gr/mol).

Penentuan waktu kontak optimum Fe(II) pada arang aktif daun nanas teraktivasi H₃PO₄ dan H₂SO₄

Arang aktif daun nanas ditimbang sebanyak 0,5 gram, dimasukkan ke dalam larutan sampel FeCl₂·4H₂O sebanyak 50 mL dengan konsentrasi 250 mg/L. Kemudian diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 120 rpm. Pengocokan dilakukan pada waktu yang divariasi 10, 30, 60, 120 dan 180 menit. Selanjutnya larutan didiamkan selama 15 menit dan disaring. Kandungan ion besi dalam filtrat diukur menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS). Perlakuan diulangi sebanyak 2 kali.

Penentuan kapasitas adsorpsi Fe(II) pada arang aktif teraktivasi H₃PO₄ dan H₂SO₄

Larutan FeCl₂·4H₂O dipipet masing-masing 50 mL dengan variasi konsentrasi

10, 25, 50, 100, 500 mg/L kedalam botol adsorpsi kemudian ditambahkan 0,5 gram arang daun nanas teraktivasi H_3PO_4 dan H_2SO_4 . Campuran diaduk dengan *shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama selang waktu optimum yaitu 120 menit. Disaring campuran dan filtrat dianalisa kadar Fe(II) dengan spektrofotometer serapan atom (AAS). Perlakuan diulangi sebanyak 2 kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang Aktif Hasil Preparasi Dari Daun Nanas

Tahap berikutnya dilakukan aktivasi. Aktivasi arang daun nanas bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada pori-pori atau untuk membuka pori-pori arang yang tertutup oleh sisa karbonisasi. Kemampuan untuk menyerap pengotor akan menjadi lebih tinggi jika arang diaktivasi. Pada penelitian ini digunakan larutan aktivator asam H_3PO_4 1 M dan H_2SO_4 1 M dengan cara merendamkan arang daun nanas selama 24 jam. Rendemen yang diperoleh pada arang aktif daun nanas teraktivasi H_2SO_4 dan H_3PO_4 masing-masing adalah sebesar 77,2676% dan 79,7098%.

Karakteristik arang aktif daun nanas

a. Kadar air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang berada dalam rongga atau menutupi pori-pori pada arang aktif daun nanas. Kandungan air yang terdapat pada arang aktif daun nanas dihilangkan dengan menguapkan terlebih dahulu dengan menggunakan oven pada suhu 110^0 C selama 60 menit. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak atau sedikitnya air yang menutupi pori-pori arang aktif. Kadar air yang rendah menunjukkan banyak rongga atau celah dalam pori yang dapat ditempati oleh adsorbat sehingga adsorpsi berlangsung secara optimal (Mu'jizah, 2010).

Kadar air yang terkandung dalam arang aktif daun nanas teraktivasi H_2SO_4 diperoleh sebesar 1,2479%, pada arang aktif daun nanas teraktivasi H_3PO_4 sebesar 1,2584% serta pada arang tanpa aktivasi sebesar 4,1549%. Aktivator yang dapat mengikat air dengan baik dalam arang aktif cenderung menghasilkan kadar air yang relatif rendah (Budiono dkk., 2006). Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air arang aktif

daun nanas yang dihasilkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia yakni tidak melewati batas maksimal yaitu 15%.

b. Kadar abu

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral yang tersisa dalam arang aktif karena bahan dasar pembuatan arang aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon saja melainkan terdapat beberapa mineral. Mineral umumnya akan hilang pada saat proses karbonisasi serta aktivasi tetapi masih dimungkinkan terdapat kandungan yang tertinggal didalam pori-pori arang aktif. Kandungan abu akan mengakibatkan kualitas dari arang aktif turun menyebabkan penyumbatan dari pori arang aktif sehingga akan mempengaruhi daya serap pada adsorpsi (Herlandien, 2013). Luas permukaan pada arang aktif akan berkurang akibat dari penyumbatan pori tersebut.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, hasil kadar abu pada arang tanpa aktivasi sebesar 4,1549%, hasil kadar abu pada arang aktif H_2SO_4 sebesar 0,9503% dan hasil kadar abu arang aktif H_3PO_4 sebesar 1,7295%. Hasil dari penentuan kadar abu yang diperoleh menyatakan bahwa sisa-sisa kandungan mineral dalam arang aktif yang diperoleh mengalami pembuangan pada saat proses aktivasi sehingga tidak mengalami penutupan pori pada arang aktif. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia, kadar abu arang aktif daun nanas masih masuk dalam rentang yang diperoleh, yaitu maksimum 10%.

c. Daya Serap Iodin

Penentuan daya serap iodium bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari arang aktif untuk mengadsorpsi adsorbat. Hasil karakterisasi daya serap iodium yang dihasilkan menunjukkan bahwa arang aktif yang diaktivasi dengan larutan H_2SO_4 , H_3PO_4 maupun arang tanpa aktivasi tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia karena hasil daya serap iodium kurang dari 750 mg/g. Hasil daya serap iodin arang tanpa aktivasi sebesar 274,3582%, pada aktif daun nanas teraktivasi H_2SO_4 sebesar 382,1576 mg/g dan pada arang aktif daun nanas teraktivasi H_3PO_4 memiliki daya serap yaitu sebesar 371,2104 mg/g. Tinggi rendahnya suatu daya serap arang aktif

terhadap iodium menunjukkan jumlah mikropori yang terbentuk dalam arang aktif yang dihasilkan. Hal ini akan terjadi jika angka iodin yang dihasilkan semakin besar maka suatu daya adsorpsi oleh adsorben terhadap adsorbat akan semakin meningkat, sehingga iodium yang terserap akan lebih banyak. Sebaliknya jika nilai iodin yang dihasilkan semakin kecil maka daya adsorpsi terhadap adsorben akan semakin rendah terhadap adsorbat (Prawirakusumo dan Utomo, 1970).

d. Daya serap metilen biru

Pengukuran daya serap metilen biru bertujuan dalam mengetahui kemampuan arang aktif untuk menyerap larutan berwarna dengan ukuran molekul dari 15-25 Angstrom atau 150-250 nm. Daya serap metilen biru dilakukan dengan mengukur panjang gelombang larutan metilen biru dengan rentang 500-700 nm dengan menggunakan analisa Spektrofotometri UV-Vis. Persamaan yang diperoleh dari kurva standar yaitu $y = 0,20581x + 0,05135$ dengan nilai regresi sebesar 0,99997.

Daya serap metilen biru pada penelitian untuk arang tanpa aktivasi sebesar 58,4140 mg/g, pada arang aktif teraktivasi H_2SO_4 sebesar 58,6822 mg/g dan pada arang aktif teraktivasi H_3PO_4 sebesar 58,4548 mg/g. hal ini menunjukkan bahwa arang aktif hasil penelitian tidak sesuai untuk menyerap pengotor-pengotor yang merupakan molekul dengan ukuran relatif besar seperti zat warna atau molekul organik yang lain. Hasil dari arang tanpa aktivasi dan arang aktif teraktivasi H_2SO_4 maupun H_3PO_4 ini tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia karena daya serap tersebut

kurang dari 120 mg/g. Perbandingan Hasil Pengujian Arang Aktif Daun Nanas disajikan pada Tabel 1.

Luas permukaan dari arang teraktivasi H_2SO_4 dan H_3PO_4 daun nanas dengan menggunakan aktivasi asam mengalami peningkatan dibandingkan arang aktif tanpa aktivasi. Luas permukaan yang dihasilkan berdasarkan daya serap iodin dapat dilihat pada tabel menunjukkan nilai iodin relatif tinggi oleh arang aktif daun nanas sesudah aktivasi. Luas arang aktif kedua aktivator besarnya hampir sama. Sedangkan pada arang daun nanas tanpa aktivasi nilai luas permukaan relatif lebih rendah dibandingkan dengan arang yang sudah diaktivasi.

Luas permukaan daya serap iodin nilai yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh daya serap metilen biru. Menurut Achmad (2011) hal tersebut disebabkan ukuran molekul iodin (<10 Angstrom) yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran molekul dari metilen biru (15-25 Angstrom) sehingga lebih banyak molekul iodin yang teradsorpsi. Hal ini memiliki kaitan dengan tujuan penggunaan arang aktif daun nanas yang sudah dihasilkan. Berdasarkan daya serap antara iodin dan metilen biru serta luas permukaan yang dimiliki oleh arang aktif daun nanas lebih efektif digunakan untuk mengadsorpsi molekul yang berukuran kecil seperti ion logam dibandingkan untuk menyerap molekul berukuran besar seperti molekul yang berwarna (Imawati, 2015). Perbandingan luas permukaan (m^2/g) yang menyatakan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengujian Arang Aktif Daun Nanas dengan SNI (06-3730-1995)

Data Uji	Arang Daun Nanas			SNI
	Tanpa Aktivasi	H_2SO_4	H_3PO_4	
Kadar Air	4,3248%	1,2479%	1,2584%	Max. 15%
Kadar Abu	4,1549%	0,9503%	1,7295%	Max. 10%
Daya Serap Iodin	274,3582 mg/g	382,1576 mg/g	371,2104 mg/g	Min. 750 mg/g
Daya Serap Metilen Biru	58,4140 mg/g	58,6822 mg/g	58,4548 mg/g	Min. 120 mg/g

Tabel 2. Luas Permukaan Arang Daun Nanas dan Sesudah Aktivasi.

Arang Daun Nanas	Luas Permukaan m^2/g	
	Daya serap iodin	Daya serap metilen biru
Arang Aktif H_2SO_4	725,1430	217,5751
Arang Aktif H_3PO_4	704,3707	216,7320
Arang Tanpa Aktivasi	520,5939	216,5807

Karakteristik gugus fungsional arang aktif daun nenas

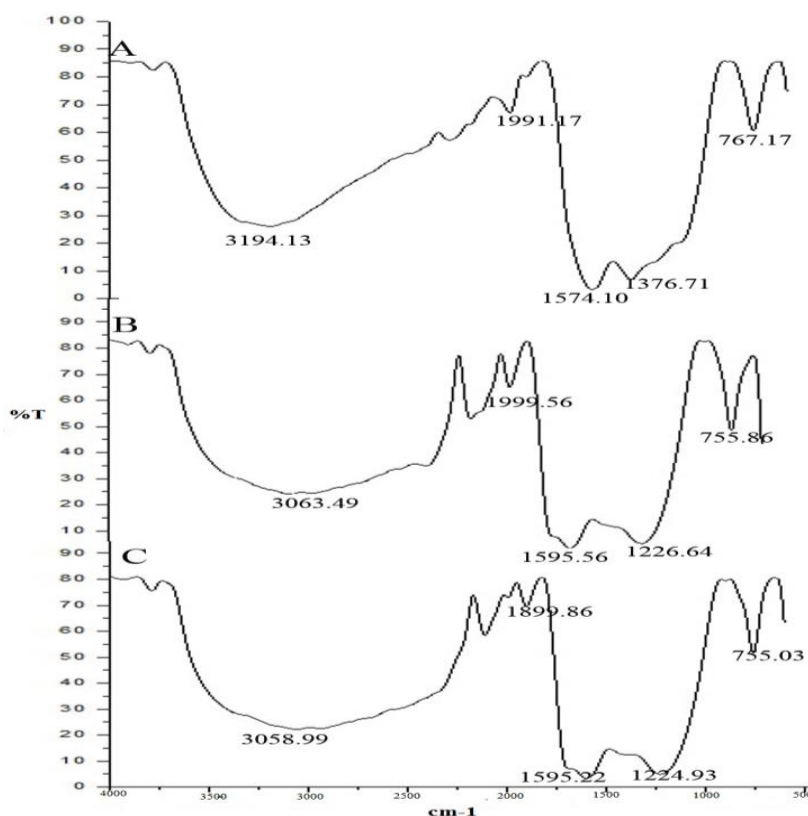
Analisis FTIR dilakukan terhadap arang tanpa aktivasi, arang aktif H_2SO_4 dan arang aktif H_3PO_4 bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi selama proses aktivasi kimia. Hasil FTIR disajikan pada Gambar 1.

Secara umum, pola hasil spektrum FTIR arang teraktivasi H_2SO_4 dan H_3PO_4 tidak jauh berbeda dengan arang yang tanpa aktivasi. Pada spektrum FTIR arang teraktivasi H_2SO_4 dan H_3PO_4 maupun arang tanpa aktivasi, pita serapan spektrum ditunjukkan pada bilangan gelombang 3058,89 cm^{-1} ; 3063,49 cm^{-1} ; 3194,13 cm^{-1} merupakan vibrasi -OH regangan. Pita serapan spektrum ditunjukkan pada bilangan gelombang 1899,86 cm^{-1} ; 1999,56

cm^{-1} ; 1991,17 cm^{-1} merupakan vibrasi C=O serta diperkuat pada pita serapan spektrum pada bilangan gelombang 1224,93 cm^{-1} ; 1226,64 cm^{-1} ; 1376,71 cm^{-1} merupakan vibrasi C-O (Wibowo, dkk., 2011). Pita serapan spektrum pada bilangan gelombang 1595,22 cm^{-1} ; 1595,56 cm^{-1} ; 1574,10 cm^{-1} merupakan vibrasi C=C aromatik dan pita serapan spektrum pada bilangan gelombang 755,03 cm^{-1} ; 755,86 cm^{-1} ; 7767,17 cm^{-1} merupakan vibrasi C-H aromatik. Arang dan arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan -OH, C-H, C-O, C=C dan C=O. ada pun ikatan jenis O-H dan C-O menunjukkan bahwa arang maupun arang aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar.

Tabel 3. Bilangan gelombang serapan IR arang tanpa aktivasi, arang aktif H_2SO_4 dan arang aktif H_3PO_4 .

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	Arang Tanpa Aktivasi	Arang Aktif H_2SO_4	Arang Aktif H_3PO_4
OH regangan	3194,13	3058,99	3063,49
C=O regangan	1991,17	1899,86	1999,56
C=C aromatik	1574,10	1595,22	1595,56
CO	1376,71	1224,93	1226,64
CH aromatik	767,17	755,03	755,86

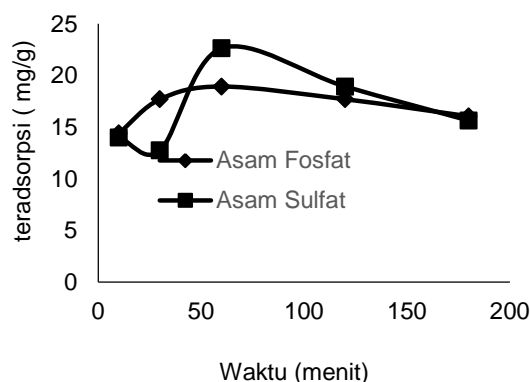


Gambar 1. Spektra FTIR (a) arang tanpa aktivasi (a), (b) arang teraktivasi H_3PO_4 dan (c) arang teraktivasi H_2SO_4

Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Fe(II)

Waktu kontak merupakan parameter penting dalam adsorpsi ion logam. Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang akan diperlukan oleh arang aktif untuk mengadsorpsi ion logam dengan maksimal. Pengaruh waktu kontak terhadap hasil persentase adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 2.

Adsorpsi meningkat dengan bertambahnya waktu kontak dan mengalami penurunan setelah 120 menit. Pada awal waktu kontak, masih banyak situs aktif arang aktif yang masih kosong yang dapat digunakan untuk adsorpsi Fe (II). Setelah 120 menit, terjadi kesetimbangan. Penurunan yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh desorpsi akibat pengocokan. Waktu kontak yang dibutuhkan oleh arang aktif H₂SO₄ untuk menyerap larutan Fe (II) secara maksimal selama 60 menit dengan adsorpsi sebesar 22,63374%, sedangkan pada arang aktif teraktivasi H₃PO₄, waktu kontak untuk menyerap larutan Fe (II) selama 60 menit dengan jumlah ion teradsorpsi sebesar 18,93004%.



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap jumlah Fe (II) teradsorpsi

Kinetika Adsorpsi Ion logam Fe (II) Pada Arang Aktif Daun Nanas Teraktivasi H₃PO₄ dan H₂SO₄

Kinetika adsorpsi menggambarkan laju pengambilan adsorbat oleh adsorben arang daun nanas teraktivasi H₃PO₄ dan H₂SO₄. Model kinetika adsorpsi yang dipilih pada penelitian ini adalah orde 1, orde 2, pseudo-orde 1 dan pseudo-orde 2. Penentuan kinetika dilakukan untuk menentukan model yang sesuai digunakan untuk penelitian ini. Penentuan model kinetika dikaji berdasarkan nilai koefisien korelasi (R^2). Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan kesetimbangan model kinetika dengan proses atau mekanisme adsorpsi yang berlangsung. Hasil penentuan kinetika adsorpsi dengan ion logam Fe (II) dengan arang aktif teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄ pada berbagai model kinetika adsorpsi seperti orde 1, orde 2, pseudop-orde 1 dan pseudo-orde 2 disajikan pada Tabel 4.

Adsorpsi logam Fe (II) pada arang aktif daun nanas teraktivasi H₂SO₄ maupun H₃PO₄ mengikuti model kinetika pseudo orde 2 dengan nilai R^2 masing-masing sebesar 0,9678 dan 0,9938. Kesesuaian model kinetika pseudo orde 2 menunjukkan bahwa proses adsorpsi Fe(II) pada arang aktif daun nanas teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄ diperkirakan dipengaruhi oleh dua spesies reaktan yaitu konsentrasi ion logam Fe(II) dan konsentrasi situs aktif pada arang aktif.

Persamaan regresi linear yang diperoleh untuk logam Fe (II) terhadap arang aktif daun teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄, pada logam Fe (II) terhadap arang aktif daun nanas teraktivasi H₂SO₄ dengan persamaan regresi linear $y = 0,2512x - 0,6957$ dan pada logam Fe (II) terhadap arang aktif daun nanas teraktivasi H₃PO₄ dengan persamaan regresi linear $y = 0,2537x - 0,9091$ pada logam Fe (II) terhadap arang aktif daun nanas teraktivasi H₃PO₄.

Tabel 4. Kinetika Adsorpsi ion logam Fe (II) oleh arang aktif teraktivasi H₂SO₄ dan H₃PO₄

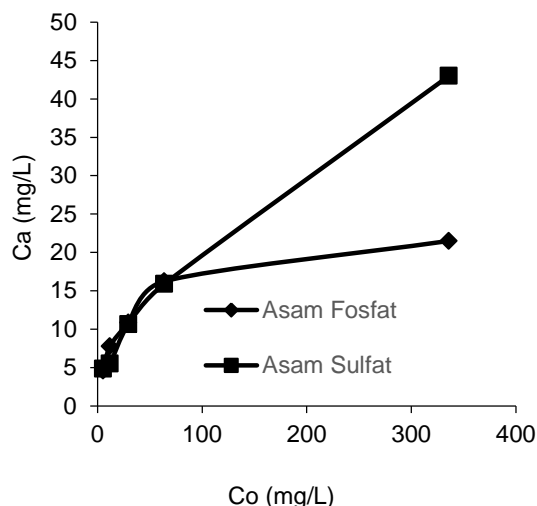
Model Kinetika	Koefisien Korelasi (R^2)		Koefisien Kinetika (L/mg.min)	
	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄
Orde 1	0,0454	0,0062	1×10^4	2×10^{-6}
Orde 2	0,0404	0,0054	7×10^8	1×10^8
Pseudo Orde 1	0,0378	0,2988	2×10^4	2×10^6
Pseudo Orde 2	0,9678	0,9938	$9,07 \times 10^{-2}$	$7,08 \times 10^{-2}$

Kapasitas Adsorpsi Fe(II) Pada Arang Aktif Teraktivasi H_3PO_4 dan H_2SO_4

Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan arang aktif dalam mengadsorpsi larutan Ion Fe (II). Konsentrasi larutan memiliki pengaruh terhadap kemampuan arang aktif untuk menyerap ion logam Fe(II) pada variasi konsentrasi. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil penelitian menunjukkan jumlah ion Fe (II) yang teradsorpsi berbanding lurus dengan semakin tingginya konsentrasi. Pada konsentrasi 500 mg/L, arang aktif teraktivasi H_2SO_4 mampu menyerap 43 mg/L ion Fe(II) dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,15 mg/g. Sedangkan pada arang aktif teraktivasi H_3PO_4 mampu menyerap 21,5 mg/L ion Fe(II) dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1,075 mg/g pada konsentrasi 500 mg/L.

Penentuan kapasitas adsorpsi Fe (II) pada arang aktif hasil penelitian dilakukan menggunakan model isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi menunjukkan jumlah suatu zat yang teradsorpsi oleh arang aktif dengan konsentrasi suatu zat terlarut tertentu. Pada penelitian ini digunakan 2 macam isotherm adsorpsi yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Tujuan dari penentuan isotherm adsorpsi dalam penelitian ini untuk mengetahui hubungan antara banyaknya adsorbat yang teradsorpsi persatuan berat arang aktif.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi awal terhadap jumlah Fe(II) teradsorpsi pada arang aktif

Berdasarkan data pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa adsorpsi Fe (II) oleh arang aktif daun nanas teraktivasi H_2SO_4 dan H_3PO_4 cenderung mengikuti model isotherm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9079 pada arang teraktivasi H_2SO_4 , 0,9963 pada arang teraktivasi H_3PO_4 . Model isotherm Langmuir, ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben yang terdapat sejumlah situs aktif. Menurut (Handayani dan Eko, 2009), model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat dipermukaan adsorben.

Tabel 5 Parameter adsorpsi Fe (II) pada Arang Aktif Daun Nanas.

Jenis Arang Aktif	Isotherm Adsorpsi					
	Langmuir			Freundlich		
	K_a (L/mg)	q_m (mg/g)	R^2	K_f	n	R^2
Arang Teraktivasi H_2SO_4	0,0244	2,3713	0,9079	0,3683	4,3327	0,4358
Arang Teraktivasi H_3PO_4	0,1108	1,0997	0,9963	0,4191	6,7114	0,3312

dengan R^2 = Koefisien Korelasi, q_m = Jumlah adsorbat yang memenuhi lapisan monolayer (mg/g), K_a = Kontanta isotherm Langmuir (L/mg), n = Intensitas adsorpsi, K_f = Kontanta isotherm Freundlich.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian, dapat diambil simpulan bahwa laju adsorpsi Fe(II) pada arang teraktivasi H_2SO_4 dan H_3PO_4 koefisien kinetika masing-masing sebesar $9,07 \times 10^{-2}$ dan $7,08 \times 10^{-2}$ L/mg.min, mengikuti model kinetika pseudo orde 2 dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9678 dan 0,9938. Kapasitas adsorpsi arang aktif daun nanas yang diaktivasi H_2SO_4 sebesar 2,15 mg/g, sedangkan H_3PO_4 sebesar 1,075 mg/g, mengikuti model adsorpsi isoterm Langmuir yang ditunjukkan oleh nilai R^2 yaitu masing-masing 0,9079 dan 0,9963.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., 2011, Pembuatan, Pencirian dan Uji Daya Adsorpsi Arang Aktif dari Kayu Meranti Merah (*Shorea sp.*), Institut Pertanian Bogor, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bogor (Skripsi).
- Alfiany, H., Bahri, S. dan Nurakhirawati, 2013, Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam, *Jurnal Natural Science*, 2 (3) : 75-86.
- Budiono, A., Suhartana, Gunawan, 2006. Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol, Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Analitik. Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro.
- Darmono, 2001, Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Jakarta. UI-Press.
- Herlandien, Y. L., 2013, Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Adsorban Logam Berat dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember, Universitas Jember, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jember, (Skripsi).
- Hidayat, P., 2008, Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknokin*. Yogyakarta. Vol 13. No. 2.
- Imawati, A., 2015, Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb(II) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl dan H_3PO_4 . FMIPA: Untan. Pontianak, (Skripsi).
- Irmanto dan Suyata., 2010, Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi, *Molekul*, 5:22-32.
- Kyzas, G.Z., 2012, Commercial Coffee Waste as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions, *Materials*, 5: 1826-1840.
- Mu'jizah, S., 2010, Pembuatan dan Karakterisasi karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Fakultas Sains dan Teknologi, Malang, (Skripsi).
- Nafie, Y. S, Wogo. H, E dan Tawa, B. D., 2013, Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Lotar sebagai adsorben Ca (II) dan Mg (II) dalam Air Sadah dikota Kupang. *Jurnal Kimia Terapan*. NTT.
- Ogata, F.; Tominaga, H.; Yabutani, H. and Kawasaki, N, 2011, Removal of Floride Ions from Water by Adsorption onto Carbonaceous Materials Produced from Coffee Grounds, *Journal of Oleo Science*, 60:619-125.
- Prawirakusumo, S. dan Utomo, T., 1970, Pembuatan Karbon Aktif Hasil Penelitian Lembaga Kimia Nasional, *Lembaga Kimia Nasional*, Bandung.
- SNI., 1995, Arang Aktif Teknis, Standar Nasional Indonesia. SNI 06-3730-1995. *Badan Standarisasi Nasional*. Jakarta.
- Sunarjono, H., 2008, Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah. Cetakan Keenam. *Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Sunarya, Y., 2007, Mudah dan Aktif Belajar Kimia, PT. Setia Purna Invers.
- Wibowo, S. Syafi, W dan Pari, G., 2011, Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *Makara, Teknologi*. Parapat, Sumatera Utara.